

## ÜBER DIE STRUKTUR UND DIE MIKROSKOPISCHE INNERVATION DER NEBENNIERE DER REPTILIEN

Von

ARANKA STAMMER

Allgemeines Zoologisches und Biologisches Institut  
der Universität, Szeged

(Eingegangen am 22. December 1959)

Die Literaturangaben sprechen dafür, daß die Nebenniere — wie sehr sie auch im Mittelpunkt des Interesses stehen mag — in phylogenetischer Hinsicht mangelhaft bekannt ist. Die überwiegende Mehrzahl der Angaben befaßt sich mit der Nebenniere der Säuger und des Menschen (4); die Nebennieren der niederen Wirbeltiere sind — wenn in anatomischer und histologischer Hinsicht auch nicht ganz — so betreffs ihrer mikroskopischen Innervation doch beinahe vollkommen unbekannt (6). Um diese Lücken auszufüllen, haben wir systematische Untersuchungen an den Nebennieren der submammalen Wirbeltiere angestellt. Nach der Erkenntnis der Nebennieren der Vögel (3) scheinen uns auch die Nebennieren der Reptilien, sowohl was ihre Struktur, als auch was die Innervation anbetrifft, besonderes Interesse zu verdienen.<sup>1</sup>

### Untersuchungsmaterial und Methoden

Den größten Teil des Untersuchungsmaterials lieferten die häufigsten Reptilien-Arten unserer Gegend: *Lacerta agilis*, *Lacerta taurica*, *Tropidonotus natrix* und *Emys orbicularis*; darüber hinaus habe ich die Nebennieren der uns vom Budapest Zoologischen Garten überlassenen *Lacerta viridis*, *Anguis fragilis*, *Natrix tessellata* und *Elaphe longissima* untersucht.

Die histologischen Untersuchungen erfolgten an Hämatoxylin-Eosin-gefärbten Schnitten und beim Studium der mikroskopischen Innervation bediente ich mich des Bielschowsky—Abrahám-schen Versilberungsverfahrens (1).

<sup>1</sup> Für die Anleitung bei meiner Arbeit, sowie für die mir bei der Auswertung der erhaltenen Ergebnisse zuteilgewordene Hilfe sage ich Herrn Professor A. Abrahám meinen herzlichen Dank.

### Anatomie und Histologie der Nebennieren

Die Nebennieren der untersuchten Tiere vertreten anatomisch und histologisch drei verschiedene Typen.

Die Nebennieren der Eidechsen *Lacerta agilis*, *L. taurica* und *L. viridis* stellen übereinstimmend einen zwischen Hoden und Nebenhoden bzw. zwischen Ovarium und Eileiter liegenden schmalen, etwa 3—4 mm langen, an beiden Enden zugespitzten gelben Körper dar (Abb. 1)<sup>2</sup> Sie liegen besonders eng an die Nebenhoden geschmiegt, etwas mehr dorsal als der initiale Teil der

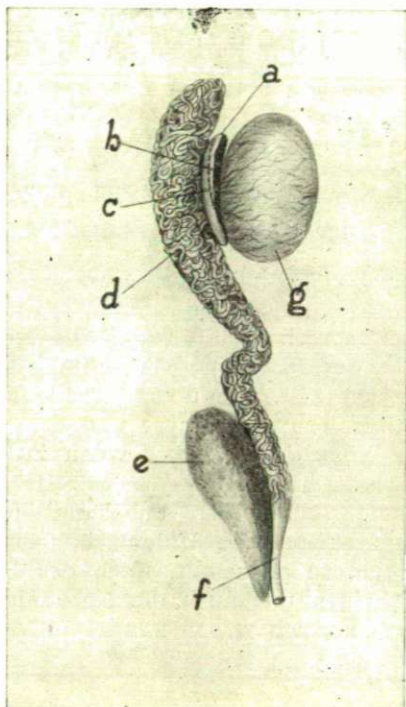


Abb. 1. *Lacerta agilis*: Anatomie der Nebenniere, a) Nebenniere, b) Lage der chromaffinen Substanz ventral und medial, c) Grenze der chromaffine Substanz dorsal und medial, d) Nebenhoden, e) Niere, f) Samenleiter, g) Hoden.

Nebenhoden. In ähnlicher Lokalisation finden sich auch die Nebennieren von *Anguis fragilis*, nur sind diese weitaus länger bzw. größer. Die Struktur der Nebennieren dieser Tiere stimmt, was Anatomie, Histologie und Innervation anbelangt, mit den im Falle der Nattern gefundenen Verhältnissen überein. Hinsichtlich der Struktur sämtlicher Natternnebennieren fand ich bestätigt, was KRAUSE (5) bei der *Lacerta agilis* schon teilweise bekannt

<sup>2</sup> Die Zeichnungen wurden von den Mitarbeitern unseres Institutes E. Dános und G. Mráz angefertigt.

gab. Den größten Teil der Nebennierensubstanz bildet die interrenale Substanz, deren Zellen ein lockeres trabekuläres Netzwerk bilden. Der andere Teil, die adrenale (chromaffine) Substanz, liegt dorsal und medial an der kranialen äußeren Oberfläche der interrenalen Substanz (Abb. 1.).

Die Nebennieren der Nattern nehmen — bei allen untersuchten Arten — ähnlich wie im Falle der Eidechsen in der Nähe der Vermehrungsorgane Platz und erscheinen als ein länglicher gelblicher Streifen medial an der Übergangsstelle der Hoden in die Nebenhoden. Bei den weiblichen Exemplaren liegen sie in Höhe des oberen Abschnittes der Eileiter etwas dorsal angeordnet und können eine Länge bis zu 15—18 mm erreichen. Die rechte Nebenniere liegt, zusammen mit den Vermehrungsorganen und der Niere derselben Seite, bedeutend höher als die linke und ist auch kräftiger entwickelt.

Auch in den Nebennieren der Nattern und *Anguis fragilis* liegt die adrenale (chromaffine) Substanz außen. Der überwiegende Teil liegt, von der interrenalen Substanz fast vollkommen gesondert, dorsal und medial am kranialen Abschnitt der Nebenniere und dringt besonders an der medialen Seite deutlich sichtbar an mehreren Stellen tief in die interrenale Substanz — meistens entlang der Blutgefäße — ein (Tafel I, Abb. 1.). Die interrenale Substanz ist geschlossen. Die zwischen den interrenalen Zellbalken befindlichen Spalten, welche in den Nebennieren der Nattern noch typisch sind, beginnen hier schon zu verschwinden.

Die Nebennieren der Schildkröten schmiegen sich dem ventro-medialen Abschnitt der Niere an (Abb. 2). Sie sind von der dicken Bindegewebshülle

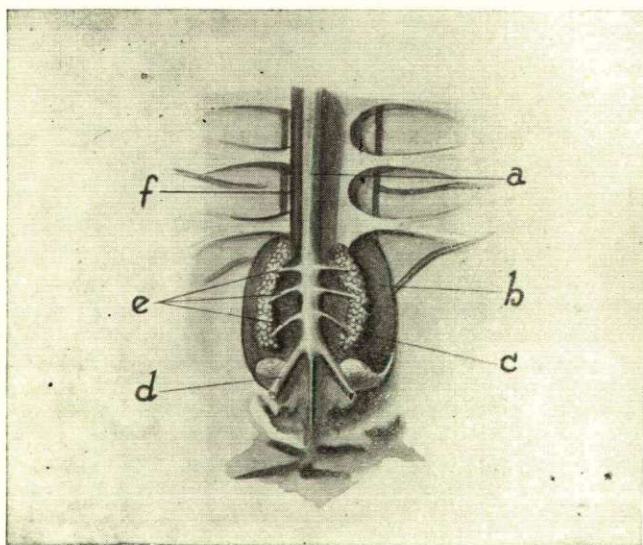


Abb. 2. *Emys orbicularis*: Anatomie der Nebenniere, a) Aorta descendens, b) Niere, c) Nebenniere, d) Arteria iliaca communis, e) Arteriae renales et supra-renales, f) Vena cava superior.



der Niere umgeben, scheinen aber unter dieser mit ihrer lebhaft gelben Farbe hervor. Histologisch weichen die Nebennieren der Schildkröten weitgehend von den bei Eidechsen und Nattern beobachteten Verhältnissen ab, da hier die beiden Substanzen stark miteinander verwoben sind. Für die ganze Substanz der Nebenniere ist die Vermischung der beiden Systeme charakteristisch, jedoch ist die Verteilung keine ganz proportionale. An der kranialen und dorsalen Seite dominiert eher die chromaffine Substanz, und ventral bzw. in unmittelbarer Nähe der Niere herrschen die Zellen der mesepithelialen interrenalen Substanz vor. Die beiden Substanzen unterscheiden sich färberisch und strukturell nicht nur in den gefärbten, sondern auch in den versilberten Präparaten deutlich voneinander (Tafel I, Abb. 2).

### Die Innervation der Nebennieren

Die an die Nebennieren der Reptilien herantretenden Nerven sind makroskopisch kaum zu verfolgen und nur die mikroskopischen Untersuchungen geben ein annehmbares Bild über den Verlauf und die Verbindungen der Nerven. Zur Feststellung des Ursprunges der Nerven habe ich bei den Eidechsen Nebennieren und Eileiter, bzw. Nebennieren und Nebenhoden mitsamt dem dazwischen liegenden Bindegewebe und der Aorta zu Schnitten aufgearbeitet und diese versilbert. An solchen Schnitten waren — besonders in der Nähe der Aorta — zahlreiche sympathische Stämme

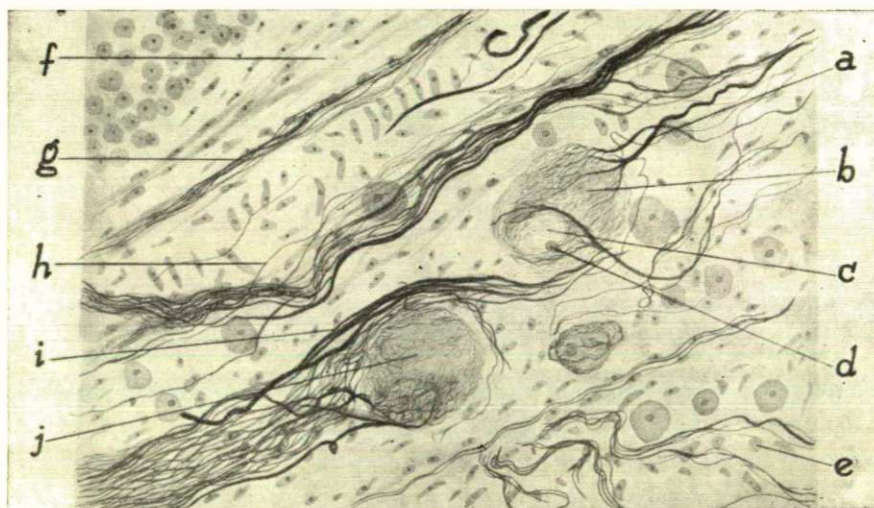


Abb. 3. *Lacerta taurica*: Plexus aorticus in der Nähe der Nebennieren, a) Zellfortsatz, b) multipolare Nervenzelle, c) Zellkern, d) Zellkernkörperchen, e) Bindegewebskerne, f) Bindegewebe, g) Nervenstamm, h) dünne Nervenfasern, i) dicke Nervenfasern, j) Neurofibrille. Vergr. 600  $\times$  Photographisch auf 1/2 verkleinert.

zu beobachten, in deren Verlauf vereinzelte Ganglienzellen bzw. größere Ganglien eingeschaltet sind (Tafel I. Abb. 3). Bei den meisten Ganglienzellen handelt es sich um multipolare Nervenzellen mit großem Zellkörper und auffallend großem Kern und charakteristisch ist, daß im Zellplasma die neurofibrilläre Struktur sehr stark hervortritt (Abb. 2). Die Neurofibrillen sind eine Strecke lang auch in den Zellfortsätzen zu verfolgen.

Aus diesem reichen Geflecht ziehen Nerven zur Nebennierensubstanz. In der Bindegewebskapsel und auch in der Nebennierensubstanz selbst sind sowohl zwischen den chromaffinen Zellen als auch neben den interrenalen Zelltrabekeln kleinere oder größere Nervenstämmen oder einzelne Nervenfasern ziemlich häufig (Abb. 4). Ein großer Teil der Nervenfasern verschwindet verjüngt zwischen den chromaffinen Zellen. Entschiedene Endigungsformen konnten in keinem einzigen Falle gesichtet werden. Mehrmals kam es vor, daß die die Nebenniere durchziehenden Nervenstämmen in die Substanz der unmittelbar neben der Nebenniere gelegenen Nebenhoden eintraten und zwischen ihren Kanälchen verzweigten. Im Verlauf der in den Nebennieren ziehenden Nervenstämmen sind Nervenzellen nicht auffindbar.

Die Nerven der Nebennieren der Nattern stammen aus dem *Plexus aorticus* und dem *Plexus suprarenalis*. Bei den Nattern und *Anguis fragilis* liegt nämlich nicht nur entlang der *Aorta*, sondern auch in unmittelbarer

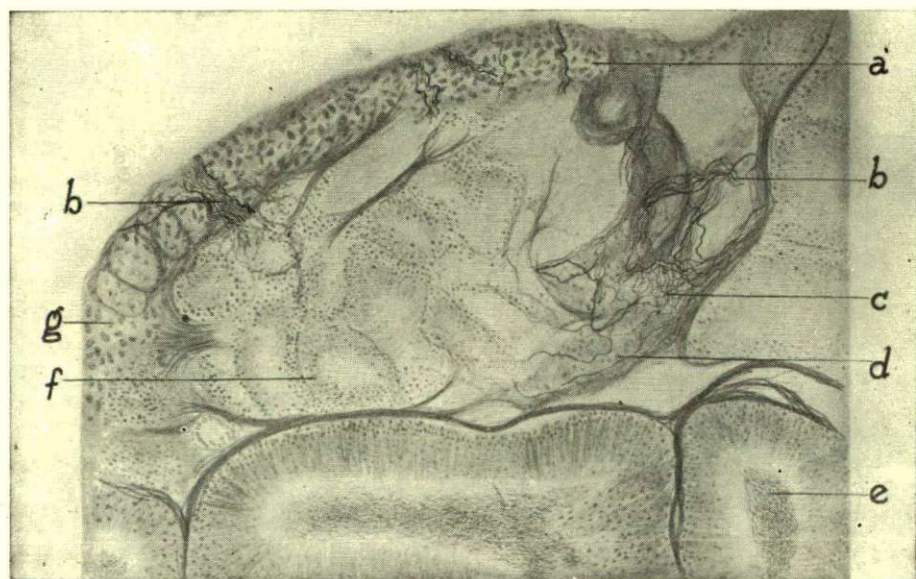


Abb. 4. *Lacerta agilis*: Längsschnitt der linken Nebenniere, a) bindegewebige Kapsel, b) Nervenstamm, c) Nervenplexus, d) chromaffine Substanz, e) Querschnitt des Nebenhodenkanälchens, f) interrenale Substanz, g) Bindegewebskern. Vergr. 280  $\times$  Photographisch auf 1/2 verkleinert.



Nähe der Nebenniere, besonders dort, wo die chromaffine Substanz lokalisiert ist, ein an *Ganglien* reiches Nervenplex. Zwischen den beiden Systemen besteht — auch in Schnitten deutlich wahrnehmbar — ein sehr inniger Zusammenhang. Sowohl in den neben der *Aorta* als auch in den in unmittelbarer Nähe der Nebenniere liegenden *Ganglien* sind die *Ganglienzellen* multipolaren Typs. Sie sind zwar von geringerem Durchmesser als die *Ganglienzellen* der Eidechsen, übertreffen aber diese an Zahl bei weitem. Die aus den *Ganglien* in die Nebennierensubstanz eintretenden Nerven durchziehen diese sehr reich und zwar besonders die chromaffine Substanz weist großen Nervenreichtum auf, während zwischen den interrenalen Zellen Nervenfasern nur selten zu beobachten sind.

Die Nebennierennerven der Schildkröten kommen aus dem in der dicken Bindegewebskapsel der Nebenniere gelegenen *Plexus suprarenalis*. Die *Ganglien* dringen auch in die Nebennierensubstanz selbst ein (Tafel I, Abb. 4.). In den Zellen der suprarenalen *Ganglien* treten auffallende Größenunterschiede zutage. Die meisten der größten *Ganglienzellen* sind unipolare Elemente (Abb. 5), vereinzelt kommen aber in manchen *Ganglien*

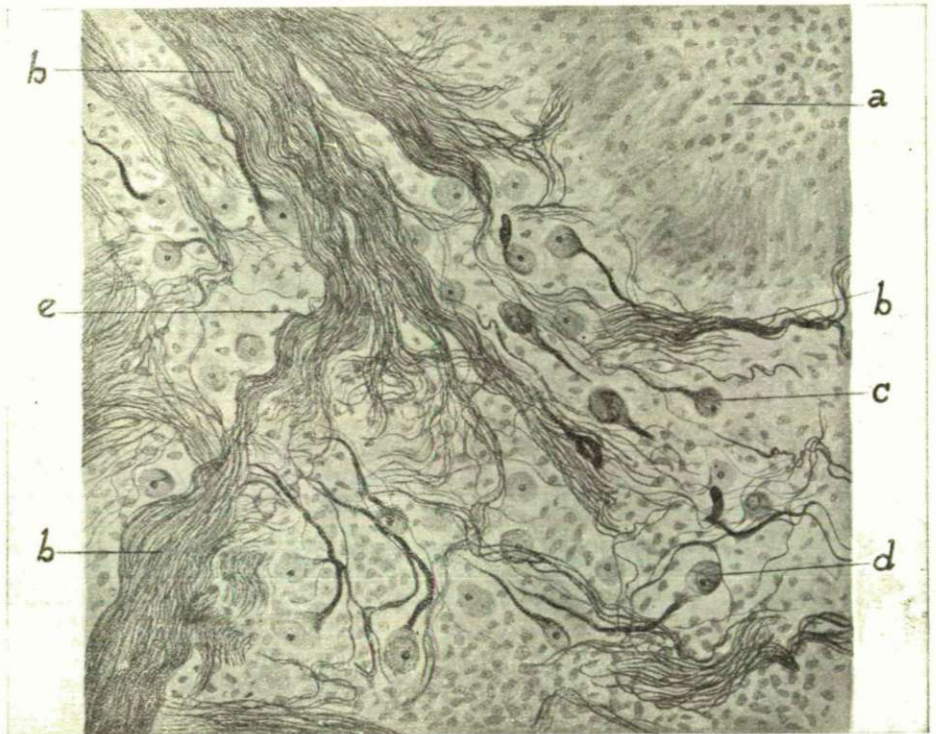


Abb. 5. *Emys orbicularis*: Ganglien in der Kapsel der Nebenniere, a) Bindegewebe, b) Nervenstamm, c) unipolare Nervenzelle, d) Neurofibrille, e) Bindegewebskern. Vergr. 280  $\times$  Photographisch auf 1/2 verkleinert.

auch multipolare Zellen vor. Im Plasma der *Ganglienzellen* wird die neurofibrilläre Struktur deutlich sichtbar. Die Neurofibrillen bilden dichte Geflechte um den Kern, um sich dann am Zellrand zu vereinen und als Fortsatz weiter zu ziehen. In diesen größeren Ganglienzellen werden diejenigen überzeugenden Formen der interneuronalen Synapsen wahrnehmbar, die in seiner letzten Arbeit ÁBRAHÁM (2) mitteilte. In mittelgroßen und kleineren Zellen zeugt nur der große Kern davon, daß es sich auch hier um Nervenzellen handelt. Ihr Fortsatz hat sich allerdings niemals gefärbt. Der Kern dieser Zellen enthält zwei und manchmal noch mehr *Nukleoli*. Diese kleinen Zellen stimmen hinsichtlich Färbung und Struktur fast vollkommen mit den Zellen der chromaffinen Substanz überein.

Die aus den *Ganglien* heraustretenden und die Nebennierensubstanz versorgenden Nervenfasern sind dünnen Typs und ziehen zum größten Teil zwischen den chromaffinen Zellbalken dahin. Zwischen den chromaffinen Zellen finden sich sehr häufig verzweigende Endfasern. An den verjüngten Endästen können terminal kleine Endköpfe oder Endkolben erscheinen (Abb. 6). In den meisten Fällen hat es aber den Anschein, als ob die dünner werdenden Endäste ohne besondere Endformationen zwischen den chromaffinen Zellen verschwinden. Zwischen den interrenalen Zellen werden Nervenfasern nur ganz ausnahmsweise sichtbar. Die in der interrenalen Substanz selten erscheinenden Nerven und Nervenfasern haben stets nur durchziehenden Charakter, eine Kontaktnahme mit den interrenalen Zellen ist mir nie zu Gesichte gekommen.

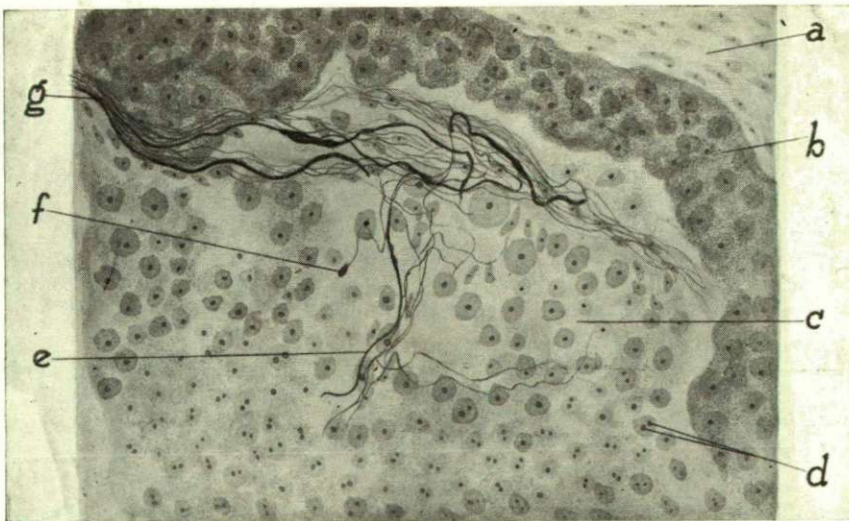
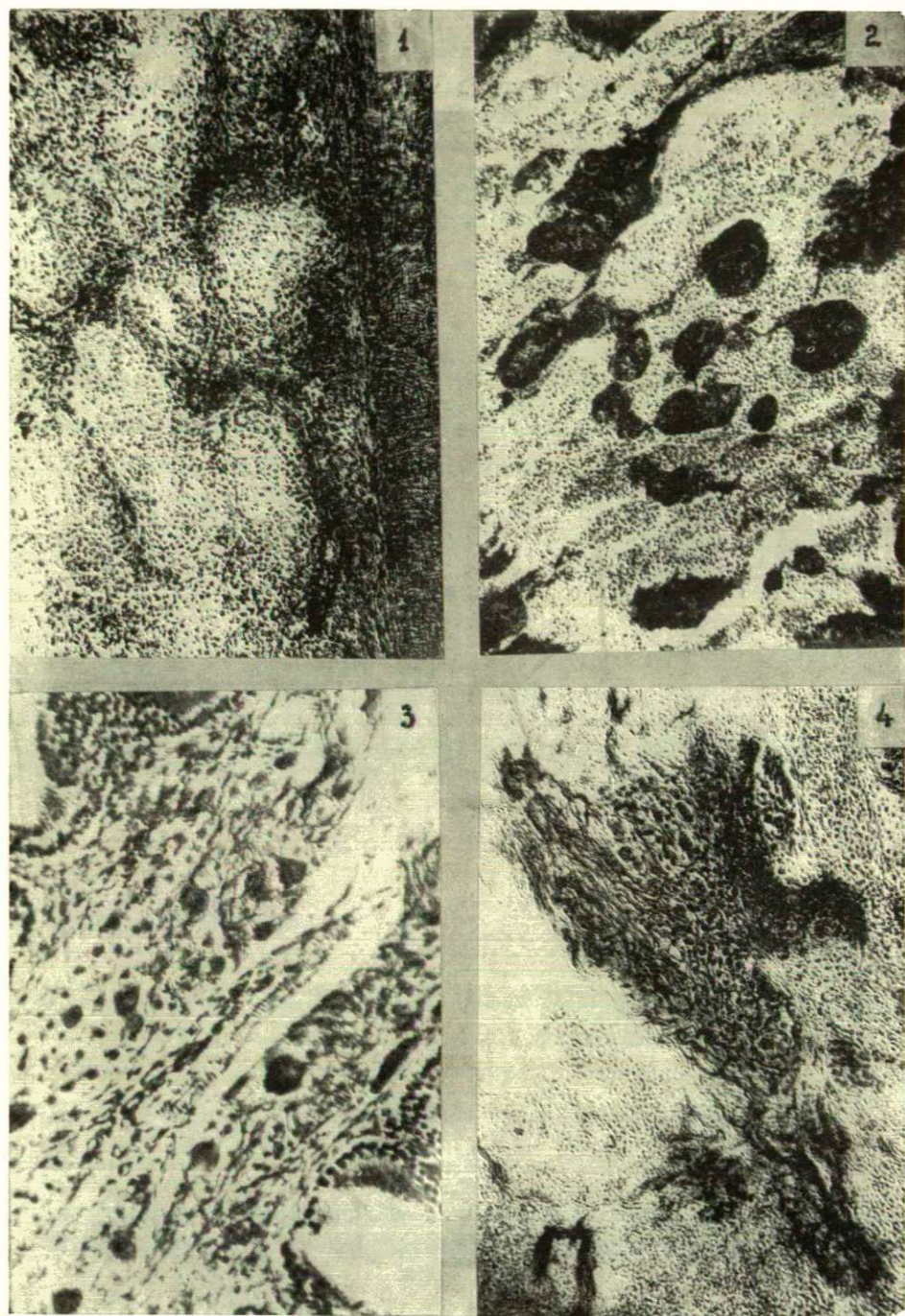


Abb. 6. *Emys orbicularis*: Innervation der Nebenniere, a) bindegewebige Kapsel, b) interrenale Substanz, c) chromaffine Substanz, d) Zellkernkörperchen, e) Nervenfasern, f) Nervenendigung, g) Nervenstamm. Vergr. 600 $\times$ . Photographisch 1/2 verkleinert.



*Tafel 1.*



### Phylogenetische Vergleichsstellung

Die Bedeutung der zwischen den Nebennieren der einzelnen *Reptilien* bestehenden Unterschiede zu bewerten ist nur dann möglich, wenn wir auch die Struktur der Nebennieren der phylogenetisch auf niedrigerer und höherer Stufe stehenden Wirbeltiergruppen kennen. Es sei hier nur betont, daß die Nebennieren der Fische noch aus zwei völlig gesonderten, weit voneinander entfernt liegenden Substanzen bestehen und die interrenale Substanz lückenhaft und mit Trabekeln versehen ist. Beim Frosch treten die beiden Substanzen einander näher, aber die chromaffine Substanz bleibt oberflächlich gelegen. Zwischen den Interrenalbalken herrschen Spalten, die chromaffine Substanz liegt um die Blutgefäße gruppiert. Bei den Vögeln finden sich bereits vollkommen gemischte Substanzen, wo das Nervensystem hauptsächlich die chromaffine Substanz innerviert. In der Nebenniere der Säuger liegt die aus chromaffinen Zellen aufgebaute Marksubstanz einwärts und ist von außen her von der mesepithelialen Rindensubstanz vollkommen umgeben. Von den beiden Substanzen ist zweifellos die Marksubstanz die reicher innervierte. Mittelstellung in dieser interessanten Entwicklungsreihenfolge nehmen die Nebennieren der *Reptilien* ein und die gründliche Untersuchung ihrer Struktur läßt feststellen, dass sie eine sehr wichtige Station, direkt einen Wendepunkt in der Phylogenese der Nebennieren vertreten. Im Verhältnis und in den Verbindungen zwischen Rinden- und Marksubstanz finden sich die auffallendsten Übergänge in der Gestaltung des Nervensystems der Nebenniere in Falle der *Reptilien*. Am primitivsten ist die Mischung von Mark- und Rindensubstanz bei den Eidechsen, etwas besser entwickelt ist sie bei den Nattern und am vollkommensten im Falle der Schildkröten, wo ihre Erscheinungsform bereits der bei den Vögeln beobachteten Struktur entspricht. Die zwischen den Zellen der interrenalen Substanz bei Fischen, Fröschen und Eidechsen erscheinenden Spalten verschwinden von den Nattern aufwärts ganz.

Die Fasern des die Nebenniere innervierenden vegetativen Nervensystems entstammen dem *Plexus aorticus* bzw. dem suprarenalen *Plexus*. In den *Ganglien* des *Plexus* sind die Zelltypen für die Gruppen charakteristisch, nur für die *Ganglienzellen* der Eidechsen und Schildkröten ist die neurofibrilläre Struktur kennzeichnend. Die die Nebennierensubstanz versorgenden Nerven sind dünne Fasern, erst von den *Reptilien* aufwärts, in der Nebenniere der Vögel und insbesondere der Säuger kommen dünne und dickere Fasern gemeinsam vor. Die aus den vegetativen Geflechten stammenden Fasern sichern in erster Linie die Innervation der chromaffinen Zellen. Unseren Beobachtungen nach gestaltet sich die Innervation der chromaffinen Zellen von den *Reptilien* aufwärts reichhaltiger und die der

#### Tafel 1.

1. *Tropidonotus natrix*: Struktur der Nebenniere.
2. *Emys orbicularis*: Struktur der Nebenniere.
3. *Lacerta agilis*: *Plexus aorticus*.
4. *Emys orbicularis*: *Ganglien* in der Nebennierensubstanz.

interrenalen Substanz von den *Reptilien* an aufwärts zeigt abnehmende Tendenz. In der Nebennierensubstanz kommen *Ganglienzellen* lediglich im Falle der Schildkröten und Vögel vor.

### Zusammenfassung

Das Studium der Anatomie, Histologie, Innervation und der phylogenetischen Beziehungen der Nebenniere der *Reptilien* lässt folgendes feststellen:

1. Die anatomische Lage der untersuchten Nebennieren ist innerhalb der Klasse, je nach der Ordo, verschieden. Eine besondere Beachtung in der Phylogenese verdienen die an die Vermehrungsorgane herangewanderten Nebennieren der Eidechsen und Nattern.

2. Von den beiden Substanzen der Nebenniere ist die interrenale im Übergewicht. Die beiden Substanzen liegen bei den Eidechsen nebeneinander, aber gesondert, während sie bei den Nattern schon ein wenig und bei den Schildkröten bereits ganz vermischt angeordnet sind.

3. Die Nerven der Nebenniere sind aus dem *Plexus aorticus* bzw. aus dem suprarenalen *Plexus* stammende vegetative Fasern, welche größtenteils die chromaffine Substanz innervieren. Die Nervenfasern bilden zwischen den chromaffinen Zellen Endgeflechte.

4. Die zwischen den chromaffinen Zellen befindlichen Endköpfchen und die in den *Ganglienzellen* des *Plexus* erscheinenden Synapsen sprechen dafür, daß die Neuronenlehre auch für das Gebiet des vegetativen Nervensystems gültig ist.

5. Die Nebenniere der *Reptilien* nimmt strukturell eine Mittelstellung in der Phylogenese der Nebennieren ein und zeigt in vieler Hinsicht Übergänge.

### Schrifttum

- (1) Abrahám, A.: Die Innervation der Blutgefäße. Acta Biol. Acad. Scient. Hung. 4, 69—160 (1953).
- (2) Abrahám, A., Stammer, A.: Untersuchungen über die Struktur, die mikroskopische Innervation und die Cholinesteraseaktivität der Nebenniere der Vögel. Acta Biol. Szeged 3, 247—274 (1957).
- (3) Abrahám, A.: Zur Frage der interneuronalen Synapsen in den vegetativen Ganglien. Zeitschr. f. mikr. anat. Forsch. 65, 574—582 (1959).
- (4) Bachmann, R.: Die Nebenniere. (In Möllendorff, W.: Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen 6/5, 15—117) Berlin—Göttingen—Heidelberg (1954).
- (5) Krause, R.: Mikroskopische Anatomie der Wirbeltiere. 2, 443—445 Berlin, Leipzig (1922).
- (6) Stöhr, Ph.: Nebenniere (In Möllendorff, W.: Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen, 4/5, 270—283) Berlin—Göttingen—Heidelberg (1957).

Anschrift der Verfasserin: Dr. A. Stammer, Institut für Allgemeine Zoologie und Biologie der Universität. Tánácsics M. 2., Szeged (Ungarn).